

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Frontera
con Nutrición Química y Orgánica en Invernadero

Por:

SACRAMENTO GÓMEZ SALGADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Frontera
con Nutrición Química y Orgánica en Invernadero

Por:

SACRAMENTO GÓMEZ SALGADO

TESIS

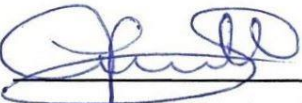
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal Interno


Dr. Edgar Omar Rueda Puento
Asesor Principal Externo


Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Coasesor


Dr. Armando Muñoz Urbina
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2024

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Sacramento Gómez Salgado

DEDICATORIA

A mis padres; las personas que son todo para mí, las que forjaron con tanto amor, sacrificio y anhelo, lo que ahora soy.

ELOY

MARISOL

GÓMEZ

SALGADO

VILLA (T).

VARGAS.

Gracias por depositar en mí toda su confianza, respeto y cariño incondicional, así como los medios necesarios para seguir adelante hasta el término de mi carrera profesional. Los grandes sacrificios que realizaron para poder darme este hermoso legado, estarán llenos de grandes recompensas, le doy gracias a Dios por haberme dado los mejores padres.

A mis hermanos;

ANA

KAREN

GÓMEZ

AXEL

SALGADO.

JOSUÉ

GÓMEZ

SALGADO.

Quienes me dieron su apoyo incondicional para poder estar donde me encuentro y aunque en momentos de adversidad, siempre nos mantuvimos juntos para seguir adelante, aquí expreso mi gratitud hacia ustedes, quienes son mi fortaleza de seguir cumpliendo cada una de mis metas.

A mis tíos;

URIEL

ROUS BELLA

ESTEBAN

SALGADO

SALGADO

GÓMEZ

VARGAS.

VARGAS.

VILLA.

Les agradezco los consejos y el apoyo que me brindaron durante el tiempo que estuve en la universidad, sin duda formaron parte de este gran logro.

Dedicado a ustedes, pues no es fácil llegar solo, se necesita ahínco, lucha y deseo de una mejor vida, pero sobre todo el apoyo como el que he recibido durante este tiempo. Ahora más que nunca se acredita mi cariño y gratitud hacia ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme la vida para poder llegar a cumplir mis objetivos, quien siempre me cuida estando lejos de casa, dándome paz, bondad, y fortaleza para seguir con mis metas a pesar de las adversidades. Te doy gracias por lo bueno y lo malo pues es tu voluntad, porque al final de todo en ti confié y nada me faltará.

A mi Alma Mater, la gloriosa **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme la oportunidad de formar parte del nido, por ser una institución llena de oportunidades y excelentes Profesores. Gracias por enriquecerme de conocimientos y formarme como profesional y sobre todo por darme los mejores años de mi vida acompañada de grandiosos amigos.

A mi asesor de tesis el **Dr. Antonio Flores Naveda** por confiar en mí y otorgarme la oportunidad de realizar mi tesis en un tema de mi interés, gracias por compartir sus conocimientos conmigo, por todo el apoyo y dedicación en este trabajo.

Al **Dr. Edgar Omar Rueda Puente, Dr. Armando Muñoz Urbina y la Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por el apoyo que me brindaron durante la elaboración y revisión de mi tesis.

A la **Dra. Norma Angélica Ruiz Torres** y la **Dra. María Alejandra Torres Tapia** por compartir su conocimiento y otorgarme la confianza de participar en diferentes actividades durante mi formación académica.

A **Lorenzo Villa Sandoval**, un hombre trabajador, que sin duda alguna formó parte de este gran proyecto, gracias por el apoyo y los consejos durante la realización del experimento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| ÍNDICE DE CUADROS | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| RESUMEN | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivo general | 2 |
| 1.2. Objetivos específicos..... | 2 |
| 1.3. Hipótesis..... | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Importancia del cultivo de fresa | 3 |
| 2.2. Producción mundial de fresa | 4 |
| 2.3. Producción nacional de fresa..... | 5 |
| 2.1. Botánica e historia | 6 |
| 2.2. Clasificación taxonómica | 7 |
| 2.3. Morfología de la planta | 7 |
| 2.6.1 <i>Raíz</i> | 8 |
| 2.6.2 <i>Tallo</i> | 9 |
| 2.6.3 <i>Estolón</i> | 9 |
| 2.6.4 <i>Hojas</i> | 9 |
| 2.6.5 <i>Inflorescencia</i> | 10 |
| 2.6.6 <i>Fruto</i> | 10 |
| 2.4. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta | 10 |
| 2.5. Aporte nutricional..... | 12 |
| 2.6. Nutrición vegetal..... | 14 |
| 2.6.1. <i>Nutrición química</i> | 14 |
| 2.6.2. <i>Nutrición orgánica</i> | 14 |
| 2.7. Principales plagas y su control | 16 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.7.1. | <i>Mosca blanca (Trialeurodes packardi, T. vaporariorum y Aieyrodes spiroeoides)</i> | 16 |
| 2.7.2. | <i>Araña roja (Tetranychus urticae Koch)</i> | 18 |
| 2.7.3. | <i>Chinches (Lygus hesperus)</i> | 19 |
| 2.7.4. | <i>Trips (Frankliniella occidentalis, Thrips tabaci)</i> | 21 |
| 2.8. | Principales enfermedades y su control | 22 |
| 2.8.1. | <i>Pudrición gris (Botrytis cinerea)</i> | 22 |
| 2.8.2. | <i>Oídio (Sphaerotheca macularis f. sp. fragariae)</i> | 24 |
| 2.8.3. | <i>Pudrición de corona (Phytophthora cactorum)</i> | 25 |
| 2.8.4. | <i>Tizón de la hoja (Phomopsis obscurans)</i> | 27 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS | 29 |
| 3.1. | Localización del sitio experimental..... | 29 |
| 3.2. | Material genético | 31 |
| 3.3. | Descripción y aplicación de los tratamientos | 31 |
| 3.4. | Descripción de los fertilizantes..... | 32 |
| 3.5. | Variables evaluadas | 35 |
| 3.6. | Análisis estadístico | 38 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| V. | CONCLUSIONES | 44 |
| VI. | LITERATURA CITADA | 45 |
| VII. | APENDICE | 51 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Principales estados productores de fresa en México en el 2022..... | 5 |
| Cuadro 2. Composición nutrimental de la fresa | 12 |
| Cuadro 3. Vitaminas y minerales que aporta la fresa | 13 |
| Cuadro 4. Características del ensayo y parcela experimental. | 30 |
| Cuadro 5. Identificación de la variedad utilizada en la evaluación de sus características agronómicas. | 31 |
| Cuadro 6. Insumos utilizados en cada tratamiento y dosis por planta | 32 |
| Cuadro 7. Composición porcentual del fertilizante químico 20-20-20 | 32 |
| Cuadro 8. Composición porcentual del fertilizante foliar Fertiplus®..... | 33 |
| Cuadro 9. Cuadrados medios de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero..... | 40 |
| Cuadro 10. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero. | 42 |
| Cuadro 11. Correlaciones fenotípicas de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero. | 43 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Principales países productores de fresa en miles de toneladas en 2024 | 4 |
| Figura 2. Morfología de la planta de fresa | 8 |
| Figura 3. Etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa durante un período de 5 meses..... | 11 |
| Figura 4. Adulto de mosca blanca (<i>Trialeurodes packardi</i>) en el envés de una hoja. 17 | |
| Figura 5. Adulto de araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>) y colonia en un fruto de fresa... 18 | |
| Figura 6. Izquierda: Adulto de (<i>Lygus hesperus</i>). Derecha: Adulto de (<i>Nysius sp.</i>).... 19 | |
| Figura 7. Adultos de trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>) y (<i>Thrips tabaco</i>)..... 21 | |
| Figura 8. Izquierda: Inicio de la enfermedad. Derecha: Etapa avanzada de la enfermedad | 23 |
| Figura 9. Presencia de (<i>Sphaerotheca macularis</i>) en hoja y fruto de fresa | 24 |
| Figura 10. Presencia de (<i>Phytophthora cactorum</i>) en corona de fresa..... 26 | |
| Figura 11. Presencia de (<i>Phomopsis obscurans</i>) en hoja de fresa..... 28 | |
| Figura 12. Fachada e interior del invernadero No. 5 (UAAAN) | 29 |
| Figura 13. Distribución de los tratamientos en las camas del invernadero No. 5..... 30 | |
| Figura 14. Análisis del contenido nutrimental del Lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab®..... 34 | |
| Figura 15. Análisis del contenido nutrimental del Humus de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab®..... 35 | |
| Figura 16. Peso de fruto | 36 |
| Figura 17. Toma del diámetro polar de fruto..... 36 | |
| Figura 18. Toma del diámetro ecuatorial del fruto | 37 |
| Figura 19. Lectura del refractómetro al aplicar el jugo de la fresa | 37 |
| Figura 20. Frutos en madurez fisiológica final de una misma planta | 38 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la fresa con aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos. Para lo cual, se utilizaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Frontera, la cual es una variedad de día corto precoz con tolerancia intermedia al Oídio con frutos de calibre homogéneo de color rojo medio externo y adecuada firmeza. El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero, con tratamientos de nutrición orgánica y química: T1 (Humus de lombriz), T2 (Lixiviado de lombriz) T3 (Humus + lixiviado de lombriz), T4 (Testigo), T5 Fertilización mixta (Humus + lixiviado de lombriz + Triple 20 + Fertiplus®) y T6 Tratamiento químico (Triple 20 + Fertiplus®). Las variables evaluadas fueron: Peso de Fruto (PF), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE), Sólidos Solubles Totales (SST) y Número de Frutos por Planta (NFP). Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza en un diseño completamente al azar, con dos repeticiones y una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \geq 0.05$) y un análisis de correlaciones fenotípicas. Los resultados obtenidos demuestran que la nutrición química y orgánica en el cultivo de fresa, bajo condiciones de invernadero, presento respuestas diferentes en las variables agronómicas evaluadas Peso de Fruto, Diámetro Polar y Ecuatorial de Fruto. En la variable Peso de Fruto, la mejor respuesta se presentó en el T6 con fertilización química, debido al aporte nutricional de macronutrientes y micronutrientes, los cuales promueven un crecimiento y desarrollo adecuado de la planta. En la nutrición orgánica, para la variable Sólidos Solubles Totales, el T3 (Humus + Lixiviado de lombriz), presento un incremento en el valor a 5.9 °Brix, lo cual es un parámetro aceptable para el consumidor, respecto a calidad, aroma y sabor del fruto de fresa.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, nutrición, abonos orgánicos, invernadero.

I. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una planta perteneciente a la familia Rosácea, con atributos de calidad física y bioquímica, por su gran cantidad de azúcares y minerales, además contiene compuestos nutracéuticos, tales como fenoles y flavonoides, los cuales tienen propiedades antioxidantes (Llacuna y Mach, 2012). Además, se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico). Estudios preliminares con animales indican que las dietas ricas en fresas también pueden tener el potencial para proporcionar salicílico y eláxico y minerales (K, P, Ca, Na y Fe) además de pigmentos y aceite esencial (Kessel, 2012).

La fresa es una especie hortícola que se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados (Maza, 2008). En México el cultivo de fresa comenzó a mediados del siglo pasado; en 1950 inició a exportarse a Estados Unidos (Santoyo y Martínez, 2009).

La fresa es una de las frutas de mayor aceptación mundial, por lo tanto, tiene una gran demanda para su exportación e importación como producto fresco, además en la industria alimenticia, se utiliza en la elaboración de mermeladas y otros productos alimenticios (Kessel, 2012).

Actualmente, existen importantes avances científicos y tecnológicos sobre la mejora de sistemas agrícolas en todo el mundo, sin embargo, las enfermedades transmitidas por alimentos persisten y son motivo de grave preocupación para los productores y consumidores; ya que los alimentos son el vector de múltiples peligros biológicos, químicos y físicos.

Esta tendencia sobre el consumo de alimentos sanos se incrementa en todo el mundo, así como en nuestro país, básicamente por aspectos relacionados a la salud y la preocupación por temas ambientales. Actualmente, cada vez son más las personas que consumen estos productos, por lo tanto, la agricultura orgánica es un

sistema de producción alternativo el cual se convierte en primera opción para la producción de alimentos inocuos y de alta calidad nutritiva.

En este contexto, uno de los principales factores de éxito de la producción orgánica de cultivos como la fresa se basa en la utilización de abonos orgánicos; ello deriva en la posibilidad de poder buscar alternativas de fuentes orgánicas para la nutrición vegetal del cultivo de fresa (Amézquita y Antonio, 2018). Por lo anterior, se presentan a continuación los objetivos planteados del presente trabajo de investigación.

1.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de fresa, bajo un sistema de nutrición orgánica y química en condiciones de invernadero.

1.2. Objetivos específicos

Evaluar el comportamiento productivo de fresa con la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos (humus y lixiviados de lombriz).

Comparar el rendimiento de fresa en cada uno de los tratamientos evaluados con nutrición orgánica y química en invernadero.

1.3. Hipótesis

Hi. La evaluación de los fertilizantes químicos y orgánicos en plantas de fresa, permitirá estimar la efectividad de los tratamientos evaluados, bajo condiciones de invernadero.

Ho. La evaluación de los fertilizantes químicos y orgánicos en plantas de fresa, no permitirá estimar la efectividad de los tratamientos evaluados en invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del cultivo de fresa

La fresa constituye una excelente alternativa productiva de múltiples aplicaciones, tanto para consumo en fresco como para la agroindustria. A pesar de ser una fruta, se le incluye dentro de los cultivos hortícolas, ya que es una fruta que se cultiva como hortaliza (Amézquita y Antonio, 2018).

La fresa es un cultivo de gran importancia social y económica en Estados Unidos y México, estos países en 2019 ocuparon la segunda y tercera posición como los principales productores con 11.5% y 9.7% respectivamente del total de la producción mundial, solo por detrás de China, que aportó el 36.2%. En ambos países el cultivo de la fresa se ha tecnificado constantemente, lo que los ha llevado a liderar el apartado de rendimientos promedio, con 56.3 t/ha para Estados Unidos y 52.4 t/ha para México, aun cuando su superficie de este cultivo es baja, en comparación con otros países, pues solo tienen el 4.6% y 4.1% de la superficie total mundial, respectivamente según FAOSTAT en el año 2019.

A nivel mundial, Estados Unidos es el principal importador de fresa fresca, siendo su principal proveedor México, el cual alcanzó una cuota de mercado del 98.9% en el año 2020. De acuerdo con el Economic Research Service (ERS), en 2020 Estados Unidos importó 215,237 toneladas de fresa mexicana, con un valor de 821 millones de dólares (Produceplay, 2021).

La fruta es muy apreciada por su agradable sabor agridulce, su atractivo aroma, sus propiedades nutricionales y cualidades medicinales, ya que contiene vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina y kaempferol, ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, salicílico y elágico), minerales (potasio, fósforo, calcio, sodio y hierro), pigmentos y aceite esencial, estos compuestos tienen un potente poder antioxidante y ayudan a disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejoran la función endotelial vascular y disminuyen la trombosis (Ramírez *et al.*, 2020).

2.2. Producción mundial de fresa

La demanda mundial de fresa, sigue aumentando en países como China, Estados Unidos y Egipto, los cuales ocupan los tres primeros lugares de producción mundial. Los datos de la FAO informan que China ocupa el primer lugar en producción de fresas desde 1994. En el año 2023, Estados Unidos, ocupó el segundo lugar, con una producción de 1,055,963 toneladas. Egipto acaba de superar a México en el tercer lugar, con una producción cada uno de 597,029 y 557,514 toneladas de fresas, respectivamente. Turquía, con una producción de 546,525 toneladas, posteriormente España, Brasil, Rusia, Polonia y Marruecos, con una producción aproximada de 272,550 y 166,955 toneladas de fresa (Figura 1).

Los expertos agrícolas informan que los agricultores están plantando más hectáreas de fresas para satisfacer la creciente demanda de una de las frutas más populares a nivel mundial. Aunque la producción de fresas en los países mencionados sigue siendo fuerte, patrones climáticos cada vez más impredecibles y fenómenos climáticos catastróficos han dañado y destruido los cultivos de fresas, provocando que la demanda supere la oferta en algunas regiones productoras. Dado que las fresas son un cultivo delicado que requiere tiempos de cosecha precisos y refrigeración inmediata para su envío al mercado de venta (División de Estadística de las Naciones Unidas, 2024).

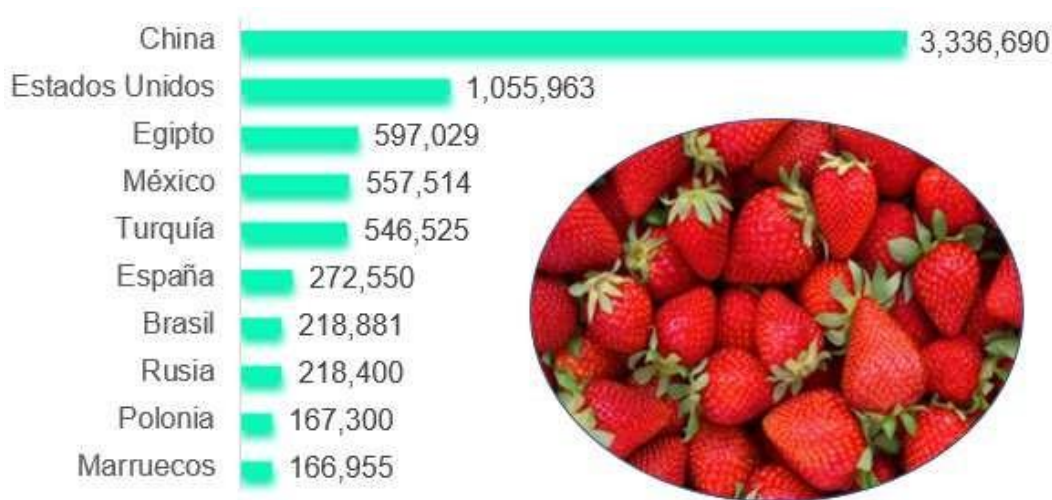


Figura 1. Principales países productores de fresa en miles de toneladas en 2024.

2.3. Producción nacional de fresa

El estado de Michoacán es una de las regiones agrícolas más importantes de México y la fresa es uno de los principales cultivos, lo que se debe a varias razones. En primer lugar, el clima de Michoacán es ideal para este cultivo. Los días cálidos y las noches frescas permiten que los frutos desarrollen su sabor y dulzura característicos. En segundo lugar, los suelos de la entidad son ricos en materia orgánica, lo que ayuda a nutrir las plantas y a producir frutos de alta calidad y en tercer lugar, el estado tiene una larga tradición en el cultivo de fresas, que se remonta a principios del siglo XX.

Los estados que lideran la producción de fresa en México son Michoacán, Guanajuato, Baja California, México y Baja California Sur con el 98.1% del volumen nacional en 2022, es decir, 532,814 toneladas (Cuadro 1). Michoacán, en la primera posición, con una producción de 326,191 toneladas de fresa (60.1%), en una superficie de 7,291 hectáreas cosechadas con un rendimiento promedio de 44.7 toneladas por hectárea.

Cuadro 1. Principales estados productores de fresa en México en el 2022.

| Estado | Producción obtenida (t) | Superficie cosechada (ha) | Rendimiento promedio (t/ha) | Precio medio (\$/t) | Valor de la producción (mdp) |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Michoacán | 326,191 | 7,291 | 44.7 | 19,617 | 6,399 |
| Guanajuato | 99,338 | 1,690 | 58.8 | 12,058 | 1,198 |
| Baja California | 91,628 | 2,089 | 43.9 | 31,030 | 2,843 |
| México | 7,944 | 365 | 21.8 | 16,849 | 134 |
| Baja California Sur | 7,712 | 157 | 49.1 | 21,194 | 163 |
| Jalisco | 5,061 | 145 | 34.9 | 32,629 | 165 |
| Aguascalientes | 3,453 | 67 | 51.9 | 17,214 | 59 |
| Tlaxcala | 319 | 7 | 45.6 | 29,650 | 9 |
| Zacatecas | 272 | 22 | 12.3 | 14,911 | 4 |
| Puebla | 239 | 11 | 21.1 | 14,502 | 3 |

De los estados con mayor producción, Guanajuato obtuvo el mayor rendimiento promedio, con 58.8 toneladas por hectárea, mientras que el mayor precio por tonelada de fresa se obtuvo en Baja California con 31,030 pesos. En cuanto al valor de la producción de fresa, Michoacán lideró con 6,399 millones de pesos, equivalentes al 58.2% del total nacional, seguido por Baja California y Guanajuato con el 25.9% y el 10.9%, respectivamente (SIAP, 2022).

2.1. Botánica e historia

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) se cultiva en todo el mundo. Todas las especies de fresas pertenecen al género *Fragaria* y pertenece a la familia de las Rosáceas, la cual contiene diversos cultivos económicamente importantes, principalmente frutas como la manzana (*Malus domestica*), la pera (*Pyrus communis*) y el melocotón (*Prunus persica*) (Warner *et al.*, 2021).

El género *Fragaria* (fresa), contiene 24 especies. En todas ellas el genoma se distribuye en 7 cromosomas ($x = 7$), de los cuales las especies tienen diferente número de copias: 13 especies son diploides (incluyendo la especie modelo *Fragaria vesca*), 5 especies son tetraploides, 1 especie es hexaploide y 3 especies son octoploides donde se incluyen *F. chiloensis*, *F. virginiana* y el híbrido *Fragaria x ananassa*. Otras especies registradas han sido *F. x bringhurstii* (pentaploide) y *F. iturupensis* (decaploide) (Staudt, 2009; Hummer, 2012).

Fragaria x ananassa Duch. es una de las plantas domesticadas más recientes. Su origen está documentado por el botánico Antoine Nicolas Duchesne en el año 1766 en su obra "Natural History of Strawberries". Dicha variedad se originó por una hibridación entre *F. virginiana* de Norte América y *F. chiloensis* de Suramérica en el siglo XVIII (Liston *et al.*, 2014). Los frutos de estos híbridos eran fácilmente reconocibles por sus características distintivas y generalmente deseables, incluyendo un tamaño considerablemente mayor que los de especies silvestres. Estas características han hecho que hoy día, *F. x ananassa* Duch. sea la especie más importante económicamente del género *Fragaria* (Hummer y Hancock, 2009).

2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliopyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Tribu: Potentilleae

Subtribu: Fragariinae

Género: *Fragaria*

Especie: *F. ananassa*

Fuente: (Staudt, 2008).

2.3. Morfología de la planta

La planta de fresa es de tipo perenne, aunque a veces se describe como herbácea. Es una verdadera planta leñosa, evidenciado por la producción de xilema secundario en tallo y raíz (Figura 2). La planta consiste en un tallo central denominado corona, de la cual se forman las hojas, raíces, estolones e inflorescencias. En la parte superior de cada hoja hay una yema axilar que puede producir coronas laterales (como si fueran ramas), estolones o permanecer latente, según las condiciones ambientales (Kirschbaum, 2021).



Figura 2. Morfología de la planta de fresa

Fuente: (Kirschbaum, 2021).

2.6.1 Raíz

El sistema radicular en general, es fibroso y de desarrollo superficial, alcanzando en sentido lateral 30 cm aproximadamente, y 30 a 50 cm de profundidad, dependiendo de las condiciones del suelo, humedad y variedad (Figura 2). Cuando estas son favorables, nuevas raíces emergen de la corona en la base de cada nueva hoja. En el caso de estolones, las raíces emergen de la base de la corona desde el momento que el codo del estolón toma contacto con el suelo húmedo.

El sistema radicular está formado por raíces principales gruesas, siendo las jóvenes de color blanco. A medida que envejecen, su color cambia a marrón claro y finalmente a marrón muy oscuro o casi negro. De las raíces jóvenes nacen otras más finas y más pequeñas, denominadas raicillas, de color claro. Estas viven pocos días y son responsables de la absorción de agua y nutrientes. Las raíces principales cumplen las funciones de anclaje de la planta al suelo y de almacenamiento de nutrientes, pudiendo vivir de 2 a 3 años (Kirschbaum, 2021).

2.6.2 Tallo

El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares. De esta corona, nacen también algunos tallos rastreros que producen raíces adventicias, de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) que no interesan y por tanto se deben eliminar (Figura 2).

2.6.3 Estolón

El estolón es un tallo epigeo, delgado, que crece horizontalmente a lo largo del suelo, dando lugar a raíces y coronas en puntos especializados llamados nudos. Los estolones cuentan con dos nudos: intermedio y terminal. Una planta hija se forma a partir del nudo terminal, mientras que el nudo intermedio tiene una yema latente, que eventualmente puede dar origen a un nuevo estolón. Cada planta hija tiene la capacidad de producir sus propios estolones (Figura 2).

La planta madre puede transferir agua, nutrientes, asimilados y estímulos a la planta hija durante varias semanas. Normalmente, luego de 2-3 semanas y ya enraizadas, las plantas hijas pueden crecer de manera independiente con respecto a la planta madre. Una planta suele producir anualmente entre 8 y 40 estolones, dependiendo de la variedad, el ambiente y el tipo de desinfección de suelo (Kirschbaum, 2021).

2.6.4 Hojas

Son generalmente pinnadas y trifoliadas, con filotaxia espiralada 2-5 (Figura 2). La longevidad de las hojas es de unos pocos meses, y puede estar influenciada por la variedad y por la fertilización nitrogenada (Kirschbaum *et al.*, 2015). Las hojas viejas son reemplazadas por nuevas, que están presentes como primordios foliares. En una yema vegetativa generalmente hay de 5 a 10 primordios foliares (Kirschbaum, 2021).

2.6.5 Inflorescencia

Es una cima terminada en una flor primaria. Después de la flor primaria, hay típicamente dos flores secundarias, cuatro terciarias y ocho cuaternarias (Figura 2). Una flor típica de fresa es hermafrodita y posee los cuatro ciclos florales: cáliz, corola, androceo y gineceo (Kirschbaum, 2021). El cáliz consta de 10 sépalos verdes; la corola es pentámera, dialipétala y los pétalos son blancos. El androceo consta de 20-30 estambres, cada uno constituido por filamento y antera. El gineceo está formado por un rango muy amplio de pistilos, cuyo número puede variar entre 60 y 600. El mayor número de pistilos se encuentra en las flores primarias, disminuyendo sucesivamente desde las primarias a las cuaternarias. Respecto a la polinización, se estima que la realizada por insectos aporta el 28% del rendimiento en un cultivo de fresa, siendo las abejas los más abundantes. La fresa tiene un ciclo de alrededor de 30 días desde la antesis hasta la cosecha (Symons *et al.*, 2012).

2.6.6 Fruto

Es un fruto agregado (eterio), formado por un receptáculo muy desarrollado como consecuencia de la fecundación de los óvulos (Figura 2). El receptáculo, que es la parte comestible o fruto hortícola, sostiene a los verdaderos frutos que son los aquenios. Un aquenio es un fruto seco e indehiscente, procedente de un ovario con una única semilla. El embrión de las semillas se compone de dos grandes cotiledones semielípticos, que contienen proteínas y lípidos. El receptáculo está formado por una capa epidérmica, corteza y médula. Las dos últimas capas están separadas por haces vasculares que suministran nutrientes a los embriones en desarrollo (Kirschbaum, 2021).

2.4. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta

Las etapas fenológicas del cultivo de fresa son: vegetativa y productiva (Figura 3). El proceso se describe a continuación:

Etapa vegetativa

- Brotes, las yemas principales comienzan a crecer.
- Desarrollo de las hojas: de las primeras hojas emergentes, primeras hojas desplegadas hasta nueve o más hojas desplegadas.
- Desarrollo de las partes vegetativas coséchales: comienzo de la formación de estolón (de 2 cm de longitud), brotes de hijos de la planta para ser trasplantados (Loeza, 2018).

Etapa reproductiva

- Aparición de órgano floral: primeras yemas florales salidas.
- Floración: primeras flores abiertas, plena floración y caída de pétalos.

Etapa productiva

- Formación del fruto.
- Maduración del fruto.
- Senescencia y comienzo del reposo vegetativo.

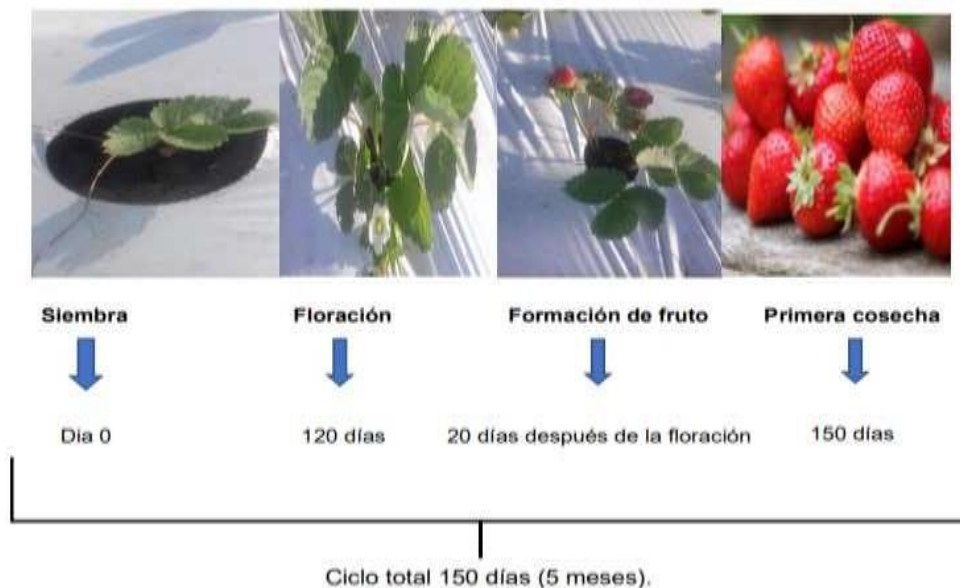


Figura 3. Etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa durante un período de 5 meses.

2.5. Aporte nutricional

Las fresas son conocidas por su color rojo brillante, por su forma de corazón y por su delicioso sabor, suelen consumirse en estado fresco, que resulta muy refrescante, pero también se usan para la elaboración de postres, tartas, ensaladas. Además, se utilizan en la elaboración de diversos productos comerciales, como licores, batidos, mermeladas, jugos y muchos más.

La alta demanda del fruto de fresa se debe a sus propiedades organolépticas: sabor dulce, aroma, textura suave y color rojo llamativo (Skrovankova *et al.*, 2015). También es importante la presencia de compuestos fenólicos como flavonoides y antocianinas, los cuales son potentes antioxidantes (Giampieri *et al.*, 2012), (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición nutrimental de la fresa.

| General | Azúcares | Aminoácidos |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| •Calorías: 32 kcal | •Sacarosa: 0.5g | •Triptófano: 0.008g |
| •Agua: 91g | •Glucosa: 2.0g | •Treonina: 0.02g |
| •Hidratos de carbono: 7.7g | •Fructosa: 2.4g | •Isoleucina: 0.02g |
| •Fibra: 2.0g | •Azúcares totales: 4.9g | •Leucina: 0.03g |
| •Proteínas: 0.7g | | •Lisina: 0.03g |
| •Grasa total: 0.3g | | •Metionina: 0.002g |
| •Ceniza: 0.4g | | •Cistina: 0.006g |
| | | •Fenilalanina: 0.02g |
| | | •Tirosina: 0.02g |
| | | •Arginina: 0.03g |
| | | •Alanina: 0.03g |
| | | •Ácido Aspártico: 0.15g |
| | | •Ácido Glutámico: 0.1g |
| | | •Histidina: 0.01g |
| | | •Glicina: 0.03g |
| | | •Prolina: 0.02g |
| | | •Serina: 0.03g |
| | | •Valina: 0.02g |

Además, por sus propiedades nutricionales como un alto contenido en fibra, teniendo un efecto saciante sin aportar muchas calorías; un alto contenido en vitamina C, y un alto contenido en folato, el cual es un micronutriente esencial. (Giampieri *et al.*, 2012), (Cuadro 3).

Cuadro 3. Vitaminas y minerales que aporta la fresa.

| Vitamina | Minerales |
|--|--------------------|
| •Vitamina C (Ácido ascórbico): 58.8 mg | • Calcio: 16mg |
| •Vitamina B1 (Tiamina): 0.02mg | • Hierro: 0.4mg |
| •Vitamina B2 (Riboflavina): 0.02mg | • Magnesio: 13mg |
| •Vitamina B3 (Niacina): 0.39mg | • Fosforo: 24mg |
| •Vitamina B5 (Ácido pantoténico): 0.13mg | • Potasio: 153mg |
| •Vitamina B6: 0.05mg | • Sodio: 1mg |
| •Vitamina B9: 48mcg | • Zinc: 0.1mg |
| • Colina: 5.7mg | • Cobre: 0.05mg |
| • Betaína: 0.2mg | • Manganeso: 0.4mg |
| • Folato (DFE): 24mcg | • Selenio: 0.4mg |
| • Vitamina A (RAE): 1 mcg | • Fluoruro: 4.4mg |
| • Vitamina A (UI): 12 UI | |
| • Vitamina E (alfa-tocoferol): 0.3mg | |
| • Vitamina K1 (filoquinona): 2.2mcg | |

Fuente: (Sánchez, 2021).

Estas propiedades nutricionales hacen que este fruto sea beneficioso para la salud. Por ejemplo, se ha descrito su uso tópico para curar enfermedades y heridas en la piel (Kunwar *et al.*, 2010), como anti-inflamatorio, astringente y diurético (Giampieri *et al.*, 2015), y además por su alto contenido en antioxidantes en la ayuda a disminuir el riesgo de problemas cardiovasculares mediante la inhibición de la oxidación de LDLcolesterol, reduciendo el riesgo de trombosis (Basu *et al.*, 2010); (Prasath y Subramanian, 2014). También los compuestos puros de antocianinas como la pelargonidina, además de ser antioxidantes evitan la proliferación in vitro de células tumorales humanas, pudiendo ayudar a evitar el cáncer de colon y de próstata (Zhang *et al.*, 2008) (Casto *et al.*, 2013).

2.6. Nutrición vegetal

2.6.1. Nutrición química

Los fertilizantes químicos contribuyen a un importante aporte de macronutrientes, los cuales pueden promover un mayor rendimiento por hectárea y a su vez, las plantas pueden expresar su máximo potencial.

Formula 20-20-20

Este fertilizante combina un adecuado balance de macronutrientes y micronutrientes. Se recomienda su aplicación, durante la etapa de crecimiento vegetativo de la planta, contiene microelementos, azufre y magnesio, necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas, lo cual permite a la planta tener las reservas para las etapas de floración y cuajado de frutos. Además, puede esta formulación puede ser utilizada en producción de plántula en invernadero y almácigos diluyéndolo en el agua de riego a razón de 0.5 gr. por cada litro de agua (Delta, 2024).

Fertilizante foliar Fertiplus®

Es un concentrado nutricional biodegradable, compuesto de ácidos húmicos y adicionado con NPK y microelementos a base de Fe, Mn, Zn y Bo, el cual en las aplicaciones al suelo estimula los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, incrementando la fertilidad y mejorando la estructura de los mismos. Los ácidos húmicos son reserva de nutrientes para las plantas y por su acción quelatante transforman en asimilables los elementos en el suelo no disponibles para las plantas, además de estimular el crecimiento de colonias de microorganismos que actúan en la descomposición de los residuos de las cosechas en los suelos permitiéndole a la vez una mayor penetración de agua y aire (Agahusa, 2024).

2.6.2. Nutrición orgánica

La lombricultura es una técnica que tiene por objeto la reconversión de residuos biodegradables, reciclándolos y a su vez transformándolos en fertilizantes

orgánicos. Esto representa una alternativa para el manejo de los desechos orgánicos que se vuelven contaminantes, y el empleo en la agricultura del producto generado en esta actividad, proporciona beneficios tangibles, dado que favorece la fertilidad del suelo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, y los cultivos son menos vulnerables a plagas y enfermedades.

Humus de lombriz

Es un producto granulado, oscuro, liviano e inodoro; rico en enzimas y sustancias hormonales; posee un alto contenido de microorganismos, lo que lo hace superior a cualquier otro tipo de fertilizante orgánico conocido. Al incorporarlo al suelo cumple un rol trascendente, al corregir y mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas del mismo (SAGARPA, 2015).

Lixiviado de lombriz

Es un biofertilizante natural que contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo, y potasio, así como microelementos (zinc, fierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio), nutrientes indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de contener algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo este un biofertilizante ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aspersión (INIFAP, 2011).

Algunos de los beneficios del humus y lixiviado de lombriz son:

- Aumenta la biomasa de microflora y microfauna, presentes en los suelos agrícolas y estimula el desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular. Mantiene y retiene la humedad en el suelo por más tiempo.
- Reduce la conductividad de los suelos salinos a través del agrupamiento de arcillas. Balancea y corrige el pH en suelos ácidos (lo nivela entre 6.5 y 7.8).

- Promueve, aumenta y equilibra el desarrollo de hongos benéficos presentes en el suelo.
- Aumenta la producción en los cultivos agrícolas por efecto de la materia orgánica y disminuye la actividad de áfidos y otros parásitos dañinos para el cultivo, en la rizosfera.
- Ayuda a reducir la contaminación de los suelos por el uso indiscriminado de insumos químicos y es rápidamente asimilado por la raíz y por las estomas en la filósfera.

2.7. Principales plagas y su control

El cultivo de fresa puede ser atacado por diversos insectos plaga. Dependiendo de la zona de cultivo y de las circunstancias de su entorno, dichas plagas tienden a reducir la producción final, aunque también es cierto que el nivel de daño dependerá del tipo de plaga que se presente, así como del estado del cultivo y del manejo agronómico, así como el control preventivo que realice el agricultor (Sánchez, 2021).

Entre las diversas plagas que pueden afectar al cultivo de fresa, se mencionan algunas de mayor importancia:

2.7.1. Mosca blanca (*Trialeurodes packardii*, *T. vaporariorum* y *Aieyroides spiroeoides*).

La mosca blanca de la fresa (*Trialeurodes packardii*), la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*) y la mosca blanca del iris (*Aieyroides spiroeoides*) atacan los cultivos de fresa, especialmente cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de estrés. Su aspecto ya es conocido, respondiendo los adultos a un color blanco polvoso y de unos 2 mm de largo (Figura 4). Los huevos son blancos y depositados verticalmente sobre la superficie inferior de las hojas. Las ninfas son

aplanadas y de color amarillo pálido, las cuales chupan los jugos de las plantas y secretan una melaza pegajosa en la que crece el hongo de la fumagina (Sánchez, 2021).



Figura 4. Adulto de mosca blanca (*Trialeurodes packardii*) en el envés de una hoja.

Control químico

En los cultivos a campo abierto, el control se realiza básicamente, por métodos químicos. Una amplia gama de piretroides (cipermetrín, deltametrín, fenpropatrín, fluvalinato, bifentrín, permetrín, alfacipermetrín, cihelatrínlambda, ciflutrín, etc.) presentan aceptables niveles de eficacia, siendo recomendados con cierta asiduidad (InfoAgro, 2017).

Control biológico

Existen controladores biológicos que son enemigos naturales de la mosquita blanca, como la (*Encarsia Formosa*), micro avispa parasitoide de (*Trialeurodes vaporariorum*), que coloca huevos en el interior de la ninfa, provocándole la muerte. Las avispas del género (*Encarsia, eretmocerus y prospaltella*), chinches como (*Orius tristicolor* y *Chrysopa* spp), aceites muy refinados como (*Citroemulsión*) que son eficaces para el control (Sánchez, 2021).

Control cultural

En cuanto a las medidas de control, son la prevención mediante el monitoreo de la plaga y mediante el uso de prácticas culturales, como son la eliminación de hojas viejas, lo cual puede reducir las poblaciones de la plaga (Sánchez, 2021).

2.7.2. Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)

Este ácaro de cuerpo globoso y anaranjado en estado adulto es una de las plagas más difundidas en el cultivo de la fresa, inverna en otras plantas o en hojas viejas de fresa para atacar a las hojas jóvenes con la llegada del calor y la disminución de la humedad relativa (Olvera, 2012). Esta plaga ataca plantaciones nuevas de fresas en el otoño y sus poblaciones aumentan rápidamente (Figura 5). Se alimentan succionando los jugos de la planta, haciendo que éstas pierdan vigor, lo que repercute en una reducción del rendimiento del cultivo, pudiendo llegar a la muerte de las plantas, si las infestaciones son severas y los ácaros no son controlados, alcanzando unas poblaciones elevadas (Sánchez, 2021).



Figura 5. Adulto de araña roja (*Tetranychus urticae*) y colonia en un fruto de fresa.

Control químico

El umbral de intervención se sitúa en 5-10 ácaros activos por folíolo, aunque para que los tratamientos sean efectivos es necesario que el cubrimiento del envés de las hojas sea bueno. Sin embargo, las opciones del control químico son limitadas, sobre todo, por la alta resistencia que presentan estos individuos a los acaricidas. Igualmente, su uso indiscriminado afecta a la fauna auxiliar (Sánchez, 2021).

Control biológico

El principal depredador de esta plaga es otro ácaro llamado (*Phytoseiulus persimilis*), el cual ejerce un buen control siempre que las sueltas se realizan

adecuadamente, manteniendo una proporción razonable con respecto al ácaro plaga. Sin duda, es una buena alternativa para controlar a (*T. urticae*); (Sánchez, 2021).

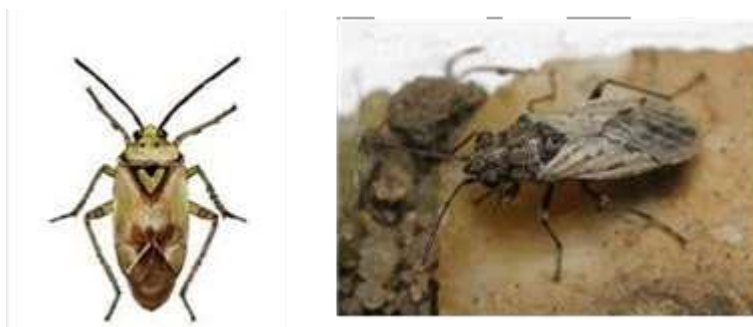
Control cultural

Algunas medidas preventivas resultan fundamentales a la hora de detectar la plaga de forma temprana. En este caso, el monitoreo con lupa de las plantas, realizado con regularidad es una buena opción (Sánchez, 2021).

2.7.3. Chinchas (*Lygus hesperus*)

Los adultos tienen un comportamiento nómada y se mueven de una planta a otra a medida que comienzan a florecer (Figura 6). Normalmente (*L. hesperus*) pasan el invierno en estado adulto en las malas hierbas y en primavera, cuando cesan las lluvias y las malezas se secan, colonizan las fresas que, aunque no son su huésped preferido, la ausencia de otras plantas más atractivas hace que sean invadidas (Sánchez, 2021).

Los adultos de (*Nysius sp.*) insectos picadores chupadores diminutos (0,3 - 0,5 cm) de color gris, de hábito nocturno, empiezan su actividad entrada la tarde y de día se esconden en el suelo, muy superficialmente, se alimentan de las semillas de los frutos (aquenios). Tanto los adultos como las ninfas prefieren los frutos verdes por ser más blandos (Olvera, 2012).



Fuente: (Sánchez, 2021).

Figura 6. Izquierda: Adulto de (*Lygus hesperus*). Derecha: Adulto de (*Nysius sp.*).

La alimentación de todos estos estados causa deformaciones en las fresas, conocidas como arrugamiento “cara de gato”, que provoca la pérdida de su valor comercial (Olvera, 2012). Esto ocurre porque se destruyen los embriones en desarrollo en los aquenios (semillas) durante el desarrollo temprano de la fruta, impidiendo el crecimiento del tejido de los frutos por debajo y alrededor de los aquenios dañados. El número de individuos, tanto ninfas como adultos, determina el nivel de daño en las frutas (Sánchez, 2021).

Control químico

Se realiza a base de insecticidas fosforados o piretroides, como deltametrina, cipermetrina o alfa-cipermetrina entre otros, cuando hay fuertes infestaciones, lo que generalmente ocurre cuando, no hay buen distanciamiento entre plantas, se debe realizar las aplicaciones temprano por la mañana o entrada la tarde cuando inician su actividad (Olvera, 2012).

Control biológico

Existe una serie de depredadores y parasitoides ninfales, cuya presencia suele ser natural, que se alimentan de huevos y ninfas de (*Lygus*). Algunos ejemplos de depredadores son: (*Geocoris* spp., *Orius* spp., *Chrysoperla* y *Hemerobius* spp., *Nabis* spp., *Hippodamia convergens*) y varias especies de arañas que se alimentan de áfidos, moscas blancas y lepidópteros plagas, además de (*Lygus*). A pesar de que estos depredadores naturales devoran huevos y ninfas de su presa, no mantienen sus poblaciones por debajo del nivel de daño económico. En cuanto a los parasitoides, (*L. hesperus*) es atacado por el parasitoide de huevos (*Anaphes iole*) y los parasitoides ninfales braconidos (*Leiothron uniformis*, *Peristenus pallipes* y *P. pseudopallipes*); (Sánchez, 2021).

Control cultural

Es conveniente realizar monitoreos en las plantas durante la primavera para determinar la primera aparición de los adultos de (*Lygus*) una vez que han llegado a las plantas de fresa desde las malezas cuando comienza la floración. Otra estrategia

recomendable es el uso de cultivos trampa, ya que los adultos de (*Lygus*) no prefieren las fresas, es posible atraparlos en otros cultivos más apetecibles para ellos, sembrados al lado del cultivo de las fresas, reduciendo de este modo sus poblaciones (Sánchez, 2021).

2.7.4. Trips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*)

Son insectos delgados y muy pequeños, menos de 1 mm (Figura 7). Dañan con su estilete las flores, causando daño a los pistilos llegando a deformarlos como reacción a su saliva tóxica. Puede causar un bronceado del fruto alrededor del cáliz. Debe prevenirse su ataque atendiendo al número de formas móviles por flor que no deben superar los 10 individuos por flor, suelen aparecer con tiempo seco, aumentando su población cuando se eleva la temperatura. Altas poblaciones pueden inducir pérdida prematura de flores; además son transmisores de virus que afectan la producción (Olvera, 2012).



Figura 7. Adultos de trips (*Frankliniella occidentalis*) y (*Thrips tabaco*).

Control químico

Este método de control se puede realizar con insecticidas, como el acetamiprid del grupo de las piridinas, que también controla áfidos y mosca blanca.

Control biológico

Existen efectivos depredadores naturales de Thrips, como son (*Orius* sp. y *Aleothisrips intermedius*); (Olvera, 2012).

Control cultural

Deben tomarse medidas preventivas, tales como monitoreo de las poblaciones, uso de trampas adhesivas para capturar el mayor número posible de individuos (Sánchez, 2021).

2.8. Principales enfermedades y su control

2.8.1. Pudrición gris (*Botrytis cinerea*)

Es la principal enfermedad de la planta de fresa, la cual puede atacar a cualquier zona, siendo las flores y frutos los más susceptibles, manifestándose como una pudrición blanda del fruto, con presencia de micelio y conidias de color plumizo; los que caracterizan a la enfermedad (Morales *et al.*, 2017). Se desarrolla favorablemente en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20 °C, la diseminación se realiza por medio de esporas, ayudándose del agua o el viento (Olvera, 2012).

Cuando las superficies infectadas maduran, el hongo, al activarse, puede mostrar una cubierta aterciopelada de color gris en las partes muertas de la hoja (Figura 8). El tejido donde se desarrolla el hongo se oscurece y, en ocasiones, también pierde consistencia debido a la muerte de las células, ya que segrega proteínas y sustancias fitotóxicas (Sánchez, 2021).

Los principales síntomas son la pudrición gris del fruto, acompañada de ablandamiento y secreción de jugo. Esta pudrición blanda, va acompañada de ligeros cambios de color del fruto infectado, los que se tornan de color rojo opaco y que terminan por cubrirse con una masa de micelio y conidias de color plomo oscuro (Morales *et al.*, 2017).



Figura 8. Izquierda: Inicio de la enfermedad. Derecha: Etapa avanzada de la enfermedad.

Control químico

Al momento de la floración, después de lluvias y temperaturas mayores a 15°C, rotando ingredientes activos para no generar resistencia y siempre que se encuentren registrados y autorizados para el cultivo (Morales *et al.*, 2017). Algunos fungicidas preventivos como mancozeb y curativos como carbendazim, iprodione, pirimetanil, procimidone o tebuconazole (Olvera, 2012). Los fungicidas como captan y thiram mostraron menor riesgo para desarrollar la resistencia porque estas materias tienen actividad “multisitio”, contra varias vías metabólicas en el patógeno (Sánchez, 2021).

Control biológico

El control también se puede realizar con hongos entomopatógenos como (*Glíocladium roseum*), este hongo tiene un efecto de control similar al mancozeb (Olvera, 2012). Dentro de los productos ecológicos, basados en microorganismos, se usan las bacterias del género *Bacillus*, como por ejemplo (*Bacillus subtilis*), (Sánchez, 2021).

Control cultural

Se recomienda realizar el establecimiento de huertos, respetando las distancias de plantación para lograr una suficiente aireación y favorecer el secado del follaje. Uso de calcio foliar para aumentar la resistencia a los ataques del hongo (Morales *et al.*, 2017). Se debe controlar el riego para no crear condiciones favorables para la enfermedad y asimismo eliminar todos los frutos que presenten la presencia del hongo para no contagiar a los frutos más cercanos (Olvera, 2012).

2.8.2. Oídio (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*)

El oídio es una de las enfermedades más comunes, difundidas y fáciles de reconocer en las plantaciones de frutilla. Este patógeno produce micelio que solo crece sobre la superficie de las plantas, pero sin invadir su interior (Figura 9). Los nutrientes los obtiene a través de órganos especializados de absorción de nutrientes (haustorios) que se insertan en el interior de las células de la epidermis del huésped (Morales *et al.*, 2017). El signo de esta enfermedad es muy característico y puede tener algunas variaciones, pero en general se puede apreciar en el envés de las hojas y sobre las flores, pedúnculos y frutos un polvillo blanquecino propio de este orden de hongos llamados mildius. Este polvillo incluso tiende a parecerse y no debe confundirse con la cera blanquecina que provoca la mosca blanca en frutilla/fresa (Grupo Fragaria, 2021).



Figura 9. Presencia de (*Sphaerotheca macularis*) en hoja y fruto de fresa.

Control químico

Lo más común es el azufre elemental, que es preventivo y efectivo siempre y cuando se aplique antes de la aparición de síntomas, pero tiene el inconveniente de que es removido por el viento y la lluvia. Para lograr un control eficiente se debe mantener una rutina de aplicación de azufre evitando las horas de mayor calor para no dañar a flores ni frutos (Morales *et al.*, 2017). El control químico en ataques severos se puede realizar con penconazol, myclobutanil, fenarimol, triadimefon y kresoxin-metil, entre otros (Olvera, 2012).

Control biológico

Se recomienda la bacteria (*Bacillus subtilis*) o el hongo (*Ampelomyces quisqualis*), disponibles comercialmente. A su vez, los extractos de cítrico también ayudan a disminuir la presión de la enfermedad (Morales *et al.*, 2017).

Control cultural

Se recomienda utilizar variedades resistentes. Plantaciones bien ventiladas que permiten secar el follaje y evitan la germinación de las conidias del hongo. Se recomienda eliminar hojas viejas y residuos de la planta, ya que el inóculo se mantiene en estos (Morales *et al.*, 2017).

2.8.3. Pudrición de corona (*Phytophthora cactorum*)

La infección de la fresa ocurre en suelos mal drenados, sobre riego, o durante largos períodos de lluvia en climas cálidos. Los síntomas de la enfermedad aumentan durante los períodos de alta necesidad de agua, como después de que se establecen los trasplantes, durante el clima cálido y seco o a medida que aumenta la carga de fruta (Andrés *et al.*, 2024). La transmisión de la enfermedad se multiplica de manera fácil y rápida a través del suelo, el agua de riego contaminada, implementos agrícolas, entre otros. Una vez presente en el suelo es muy difícil la erradicación, obligándonos a convivir con el problema (Vivanco, 2021).

La característica más diagnóstica de las plantas con síntomas avanzados es un colapso de las plantas y una decoloración roja oscura profunda de la corona (Figura 10). El retraso en el crecimiento de las plantas o el marchitamiento de las hojas jóvenes son los primeros síntomas y pueden aparecer en cualquier momento durante la temporada (Andrés *et al.*, 2024). Estas lesiones crecen hasta abarcar toda la corona, la cual deja de ser funcional afectando el flujo de agua y nutrientes hacia la parte aérea. Debido a la muerte de la corona, el follaje deja de recibir agua y se marchita para luego secarse de forma homogénea (Morales *et al.*, 2017).



Figura 10. Presencia de (*Phytophthora cactorum*) en corona de fresa.

Control químico

Se recomienda utilizar Mefenoxam (Ridomil Gold) y metalaxil (varias formulaciones) han demostrado ser eficaces cuando se aplican a través del riego por goteo. Estos fungicidas se aplican mejor en el otoño poco después de la siembra y cuando se completa el riego por encima de la cabeza para el establecimiento de la planta (Andrés *et al.*, 2024). Las aplicaciones al suelo de metalaxil, fosetil aluminio, ácido fosforoso o fosfórico, los dos últimos son complementarios a su uso como fertilizante en los sistemas de riegos presurizados (Morales *et al.*, 2017).

Control biológico

Se recomienda el uso de *Trichoderma*, pero existe una alta especificidad de este hongo por (*Phytophthora*), por lo cual se debe estar seguro de que el aislamiento utilizado corresponde al que controla este patógeno (Morales *et al.*, 2017).

Control cultural

Se recomienda utilizar suelos con buen drenaje y con buen manejo del riego (Morales *et al.*, 2017). Use plantas sanas, aunque los síntomas pueden no ser evidentes en el momento de la colocación del campo. Si las puntas estaban infectadas, (*Phytophthora*) puede aparecer en los trasplantes y estas plantas deben ser sacrificadas o tratadas antes de la colocación en el campo (Andrés *et al.*, 2024).

2.8.4. Tizón de la hoja (*Phomopsis obscurans*)

Esta enfermedad puede ser recurrente en condiciones de invernadero, donde el follaje permanece mojado o húmedo por tiempos prolongados. La enfermedad puede provenir desde el vivero y manifestarse en la plantación, donde las hojas nuevas son particularmente susceptibles, pero los síntomas son más visibles en las más viejas (Balbontin *et al.*, 2020).

El síntoma característico es una lesión necrótica que se inicia en los bordes de las hojas y que luego crece en forma de V (Figura 11), avanzando principalmente a lo largo de la vena principal de los folíolos (Morales *et al.*, 2017). El centro de la lesión es de color café oscuro y eventualmente son visibles dentro de estas lesiones pequeñas puntuaciones de color negro que corresponden a las estructuras reproductivas del hongo (picnidios), (Balbontin *et al.*, 2020).



Figura 11. Presencia de (*Phomopsis obscurans*) en hoja de fresa.

Control químico

Algunos de los fungicidas que se utilizan para el control de *Phomopsis*, son clorotalonil, iprodione, azoxystrobin, cyprodinil y fludioxanil, los cuales controlan esta enfermedad (Morales *et al.*, 2017).

Control cultural

Utilizar plantas sanas provenientes de vivero. Los viveros deben hacer control preventivo de esta enfermedad. Proveer una buena ventilación para disminuir la humedad de la parte aérea de la planta. Monitorear en forma frecuente las plantas en busca de síntomas. El follaje enfermo debe podarse, cuidando de retirar el material contaminado del lugar (Balbontin *et al.*, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

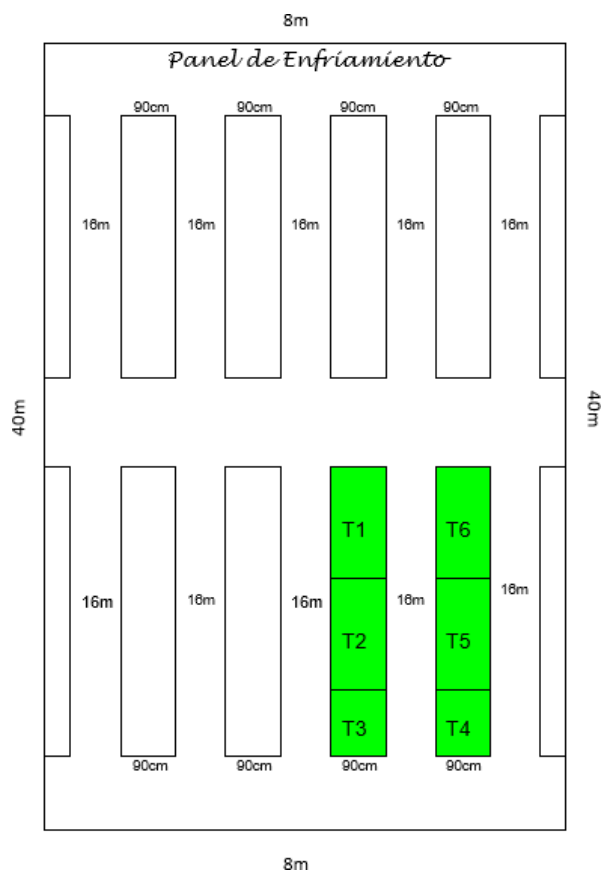
3.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola otoño-invierno, 2022 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila. En un invernadero tipo Túnel de mediana tecnología (Figura 12) el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2024). La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco.



Figura 12. Fachada e interior del invernadero No. 5 (UAAAN).

El invernadero tiene una estructura metálica y una cubierta de fibra de vidrio, cuenta con camas de siembra con una dimensión de 16 m lineales, 90 cm de ancho, 50 cm de altura y con panel de enfriamiento, el cual mantiene una temperatura en promedio de 21 °C ver (Figura 13).



Fuente: (Elaboración propia, 2024).

Figura 13. Distribución de los tratamientos en las camas del invernadero No. 5.

En el cuadro 4 se muestra las características del ensayo y la parcela experimental.

Cuadro 4. Características del ensayo y parcela experimental.


| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Localidad | Buenavista, Saltillo. |
| Diseño estadístico | Completamente al azar |
| Número de tratamientos | 6 |
| Número de repeticiones | 2 |
| Fecha de trasplante | 21 de septiembre de 2022 |
| Régimen hídrico | Riego manual |
| Número de plantas por tratamiento | 30 |
| Número de hileras por cama | 2 |
| Número de plantas por metro lineal | 4 |
| Distancia entre plantas | 30 cm |
| Distancia entre hileras | 30 cm |
| Longitud de la cama | 16 m |
| Fertilización | Química y orgánica* |

*20-20-20, Fertiplus®, humus y lixiviados de lombriz.

3.2. Material genético

Las plántulas de fresa fueron adquiridas en la empresa Plántulas Romvill®. Variedad Frontera, la cual presenta floración temprana (Cuadro 5). Tiene un tamaño de planta intermedio, con un buen vigor inicial, frutos de calibres homogéneos, de color rojo medio externo y en pulpa. Contiene una adecuada firmeza y relación azúcar/acidez. La variedad Frontera tiene tolerancia intermedia al Oídio (Llahuen, 2018).

Cuadro 5. Identificación de la variedad utilizada en la evaluación de sus características agronómicas.

| Cultivo | Nombre científico | Variedad | Imagen |
|---------|---|----------|--|
| Fresa | <i>Fragaria</i> x <i>ananassa</i> | Frontera |  |

3.3. Descripción y aplicación de los tratamientos

En el Cuadro 6 se describen los insumos aplicados en el experimento y las dosis correspondientes.

La aplicación del humus de lombriz fue sobre la superficie del suelo y alrededor de la planta, la frecuencia de aplicación fue cada 15 días durante cuatro meses.

La dosis del lixiviado de lombriz y triple 20, se diluía en 330ml de agua por planta y se aplicaba alrededor de la misma, la frecuencia de aplicación fue de ocho días, con una prolongación de cuatro meses.

La dosis del Fertiplus se aplicó en una relación de 1ml del producto por cada litro de agua, la aplicación se realizó de forma foliar, con una bomba mochila manual, la frecuencia de aplicación fue de 15 días durante cuatro meses, la primera aplicación se realizó un mes después del trasplante.

Cuadro 6. Insumos utilizados en cada tratamiento y dosis por planta.

| Tratamientos | Composición | Producto | Dosis |
|--------------|---------------------|---|--|
| T1 | 100% orgánico | Humus de lombriz | 250g pl ⁻¹ |
| T2 | 100% orgánico | Lixiviado de lombriz | 20 ml pl ⁻¹ |
| T3 | 100% orgánico | Humus + lixiviado de lombriz | 250 g+20 ml pl ⁻¹ |
| T4 | Testigo | Riego hídrico | 330 ml de agua pl ⁻¹ |
| T5 | Fertilización mixta | Humus + lixiviado de lombriz + Triple 20 + Fertiplus® | 60 g + 20 ml + 0.33 g + 0.16 ml pl ⁻¹ |
| T6 | 100% químico | Triple 20 + Fertiplus® | 0.43 g + 0.16 ml pl ⁻¹ |

3.4. Descripción de los fertilizantes

Fertilizantes químicos 20-20-20 y Fertiplus®

Por su fórmula 20-20-20 se recomienda especialmente durante la etapa de crecimiento vegetativo, porque contiene microelementos, Azufre y Magnesio, necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas que crearan las reservas que la planta requiere en la etapa de floración y cuajado de frutos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición porcentual del fertilizante químico 20-20-20.

| Macroelementos | Microelementos |
|--|-----------------------------|
| Nitrógeno Nítrico..... 2.8% | Calcio (Ca)30 ppm |
| Nitrógeno Amoniacal 2.4% | Azufre (S)..... 1670 ppm |
| Nitrógeno Amídico..... 14.8% | Magnesio (Mg) 540 ppm |
| Nitrógeno Total (N) 20% | Fierro (Fe) 600 ppm |
| Fósforo asimilable (P ₂ O ₅). 20% | Zinc (Zn)800 ppm |
| Potasio soluble (k ₂ O) 20% | Manganeso (Mn)300 ppm |
| Ácidos Fúlvicos y Húmicos2% | Cobre (Cu) 100 ppm |
| | Boro (B) 200 ppm |
| | Molibdeno (Mo) 10 ppm |

El fertilizante foliar Fertiplus®, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad, ya que forma agregados que mejoran la estructura del suelo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición porcentual del fertilizante foliar Fertiplus®.

| Macroelementos | Microelementos |
|--|-------------------------|
| Ácidos Húmicos 12% | Quelatos.....5% |
| Nitrógeno Total (N) 8% | Fierro (Fe) 1% |
| Fosforo (P ₂ O ₅) 20% | Zinc (Zn) 1% |
| Potasio (K ₂ O) 2.4% | Manganeso (Mn) 1% |
| | Boro (B).....1% |
| | Diluyentes 40% |

Fertilizantes orgánicos: humus y lixiviado de lombriz

El lixiviado y el humus de lombriz utilizado en el experimento fueron obtenidos del área de producción de abonos orgánicos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

La muestra de lixiviado de lombriz, fue analizada en el laboratorio Fertilab® localizado en Celaya, Guanajuato, México (Figura 14).

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | RESULTADO | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
|-----------------------|--------|-----------|----------|------|-------|------|----------|
| pH | - | 8.98 | | | | | |
| Cond. Eléctrica | dS/m | 7.60 | | | | | |
| MACRONUTRIMENTOS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Nitrógeno (N) | % | 0.03 | | | | | |
| Fósforo (P) | % | 0.01 | | | | | |
| Potasio (K) | % | 0.28 | | | | | |
| Calcio (Ca) | % | 0.03 | | | | | |
| Magnesio (Mg) | % | 0.03 | | | | | |
| Sodio (Na) | % | 0.04 | | | | | |
| Azufre (S) | % | 0.02 | | | | | |
| MICRONUTRIMENTOS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Hierro (Fe) | ppm | 5.08 | | | | | |
| Cobre (Cu) | ppm | 0.26 | | | | | |
| Manganeso (Mn) | ppm | 2.49 | | | | | |
| Zinc (Zn) | ppm | 1.03 | | | | | |
| Boro (B) | ppm | 2.08 | | | | | |
| Níquel (Ni) | ppm | NA | | | | | |
| Molibdeno (Mo) | ppm | NA | | | | | |
| PROPIEDADES FÍSICAS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Humedad | % | 99.08 | | | | | |
| Materia seca | % | 0.92 | | | | | |
| Materia Orgánica (MO) | % | 0.33 | | | | | |
| Cenizas | % | 0.59 | | | | | |
| Carbono orgánico (C) | % | 0.19 | | | | | |
| Relación C/N | - | 6.91 | | | | | |

Figura 14. Análisis del contenido nutrimental del Lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab®.

La muestra de humus de lombriz, fue analizada en el laboratorio Fertilab® localizado en Celaya, Guanajuato, México (Figura 15). El tipo de lombriz utilizada en la generación de los productos orgánicos fue la roja californiana (*Eisenia foetida*).

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | RESULTADO | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
|-----------------------|--------|-----------|----------|------|-------|------|----------|
| pH | - | 8.82 | | | | | |
| Cond. Eléctrica | dS/m | 2.60 | | | | | |
| MACRONUTRIMENTOS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Nitrógeno (N) | % | 1.42 | | | | | |
| Fósforo (P) | % | 0.92 | | | | | |
| Potasio (K) | % | 1.08 | | | | | |
| Calcio (Ca) | % | 13.97 | | | | | |
| Magnesio (Mg) | % | 1.18 | | | | | |
| Sodio (Na) | % | 0.20 | | | | | |
| Azufre (S) | % | 0.69 | | | | | |
| MICRONUTRIMENTOS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Hierro (Fe) | ppm | 4752.21 | | | | | |
| Cobre (Cu) | ppm | 27.86 | | | | | |
| Manganeso (Mn) | ppm | 310.50 | | | | | |
| Zinc (Zn) | ppm | 223.52 | | | | | |
| Boro (B) | ppm | 38.67 | | | | | |
| Níquel (Ni) | ppm | NA | | | | | |
| Molibdeno (Mo) | ppm | NA | | | | | |
| PROPIEDADES FÍSICAS | | | MUY BAJO | BAJO | MEDIO | ALTO | MUY ALTO |
| Humedad | % | 20.96 | | | | | |
| Materia seca | % | 79.04 | | | | | |
| Materia Orgánica (MO) | % | 41.30 | | | | | |
| Cenizas | % | 58.70 | | | | | |
| Carbono orgánico (C) | % | 24.00 | | | | | |
| Relación C/N | - | 16.90 | | | | | |

Figura 15. Análisis del contenido nutrimental del Humus de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab®.

3.5. Variables evaluadas

Una vez que el fruto estaba listo para ser cosechado, se recolectaron y se marcaron con el tratamiento correspondiente, posteriormente se trasladaron al laboratorio de Acondicionamiento de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento para evaluar las variables que se muestran a continuación:

- **Peso del fruto (PF).** Esta variable se determinó con la utilización de una balanza analítica de laboratorio (Figura 16), para tener una lectura más

precisa, se eliminó todo el pedúnculo del fruto, esta variable se expresó en gramos.



Figura 16. Peso de fruto

- **Diámetro polar (DP).** Para medir esta variable, se utilizó un vernier digital (Figura 17), el cual mide desde el centro del pedículo, hasta la parte basal del fruto esta variable se expresó en mm.



Figura 17. Toma del diámetro polar de fruto

- **Diámetro ecuatorial (DE).** Esta variable se determinó utilizando un vernier digital, midiendo de forma horizontal de un extremo al otro (Figura 18), cabe mencionar que la medida se realizó en la parte central del fruto esta variable se expresó en mm.



Figura 18. Toma del diámetro ecuatorial del fruto

- **Sólidos solubles totales (SST).** Para la determinación de esta variable, se utilizó un refractómetro (Figura 19), para obtener la lectura de los grados brix es necesario extraer unas gotas de jugo de los frutos, el cual es depositado en la lente del refractómetro para obtener la lectura en grados brix.

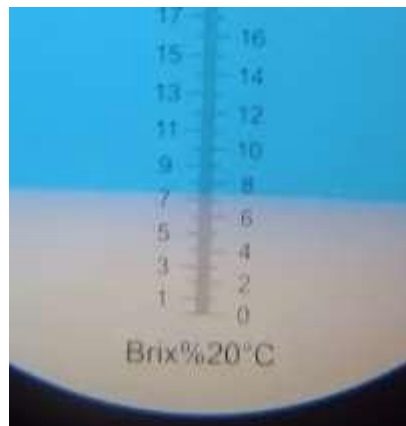


Figura 19. Lectura del refractómetro al aplicar el jugo de la fresa

- **Número de frutos por planta (NFP).** Para obtener un dato preciso del número de frutos por planta (Figura 20), fue necesario elaborar una base de datos para cada una de las plantas seleccionadas, de esta forma cada vez que se colectaban los frutos se agregaban a la base correspondiente.

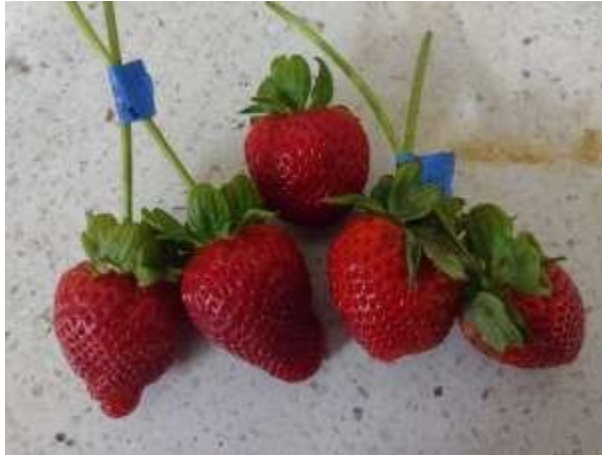


Figura 20. Frutos en madurez fisiológica final de una misma planta.

Una vez que se tienen los datos de las variables, antes mencionadas se realizó una selección de ocho plantas por repetición. De las plantas seleccionadas, se optó por realizar dos repeticiones de cuatro plantas. Posterior a esto, se realizó un promedio de las cuatro plantas por repetición.

3.6. Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos se analizaron utilizando el análisis de varianza completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba e Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico Minitab 16.

El modelo es: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = observación del i -ésimo tratamientos en la j -ésima repetición.

μ = media general de la variable.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = efecto del error experimental.

$i = 1, 2 \dots t$ (tratamiento).

$J = 1, 2 \dots r$ (repeticiones).

Prueba de Tukey

Se realizó para comparar las medias de los seis tratamientos evaluados, utilizando la probabilidad de error $\alpha=0.05$).

$$DMSH=q(\alpha, T, \text{gl error}) S_{\bar{x}}$$

Dónde: $q(\alpha, T, \text{gl error})$ = al valor tabular de Tukey que se encuentra en tablas, con número de tratamientos T , los grados de libertad del error y nivel de significancia α .

$$S_{\bar{x}} = \text{error estándar de la media} = \sqrt{CM_{\text{error}}/r}$$

CM error= cuadro medio del error; r = repeticiones.

El coeficiente de variación se estimó para cada una de las variables analizadas, en donde se utilizó la siguiente fórmula:

$$C. V. (\%) = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

\bar{x} = Media general de tratamientos

100 = Constante para expresar el C.V. en porcentaje

Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$), utilizando el programa estadístico Minitab 16 (2009).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se muestra el efecto de los tratamientos de fertilizantes orgánicos a base de lombricomposta, comparado con fertilizantes sintéticos, aplicados en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Frontera. En el Cuadro 9 se observa que se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables: PF, DE y SST, y significativas ($P \leq 0.05$) para la variable DP entre los tratamientos evaluados. Los valores del coeficiente de variación se encuentran en un rango de 6.07 a 23.6%, los cuales nos permiten afirmar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 9. Cuadrados medios de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero.

| F.V. | G.L. | Cuadrados Medios | | | | |
|--------------|------|------------------|-------|---------|---------|-------|
| | | PF ¹ | DP | DE | SST | NFP |
| Tratamientos | 5 | 164.8** | 57.7* | 46.37** | 2.149** | 0.713 |
| Error | 6 | 24.7 | 14.8 | 4.09 | 0.216 | 0.281 |
| Total | 11 | | | | | |
| Media | | 21.04 | 41.16 | 33.27 | 4.61 | 2.25 |
| C.V. (%) | | 23.60 | 9.34 | 6.07 | 10.08 | 23.55 |

*Significativo, **Altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ¹PF= peso de fruto, DP= diámetro polar, DE= diámetro ecuatorial, SST= sólidos solubles totales y NFP= número de frutos por planta.

En el Cuadro 10 se observa para la variable PF el mayor valor promedio se presentó en el T6 en el cual se utilizó fertilización química (Fertiplus + 20-20-20) con un valor de 38.8 gramos y el T4 Testigo presentó el menor valor con promedio de 13.7 g. De acuerdo con Ledesma *et al.*, (2008), los factores abióticos como la temperatura y el fotoperiodo, limitan la producción de frutos en fresa. Asimismo, Ledesma y Kawabata (2016) mencionan que existe una disminución en tamaño y peso de fruto causado por altas temperaturas (mayor a 32 °C por más de cuatro horas). En el cultivo de fresa, las temperaturas menores a 2 °C y mayores a 35 °C por periodos prolongados limitan la viabilidad del polen, aborto de flores y malformaciones del fruto.

De acuerdo con Posada *et al.*, (2011) para las variables Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial, sus resultados difieren a los encontrados en la presente investigación, debido a que en condiciones de invernadero se tiene un mayor control del manejo agronómico del cultivo, comparado bajo condiciones de campo abierto. En la presente investigación los valores reportados para Diámetro Polar (DP) y Diámetro Ecuatorial (DE), fueron en un rango de 51.2 a 15.3 mm para DP y para la variable DE, los resultados mostraron valores en un rango de 42.4 a 29.6 mm, respectivamente.

Los resultados reportados por Alvarado *et al.*, (2020) para la variable Sólidos Solubles Totales (SST) demuestran que a 30 semanas después del trasplante se reporta un contenido de °Brix en un rango de 7.3 a 2.4 en fresa producida en un sistema hidropónico piramidal. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación el T3 (Humus y Lixiviado de lombriz), presento valores promedio de 5.9 °Brix, mientras que el T4 Testigo, presento la menor acumulación de °Brix con un valor de 3.5.

Según Alvarado *et al.*, (2020), los sólidos solubles totales fueron mayores cuando se incrementó el rendimiento. A su vez, el rendimiento de fruto, también aumentó cuando se incrementó la incidencia de la radiación solar.

La radiación solar se encuentra asociada con el contenido de sólidos solubles en el fruto de fresa. Asimismo, Díaz-Pérez (2014), reportó que la cantidad de sólidos soluble totales decrece cuando se incrementa el nivel de sombra en chile pimienta morrón. Asimismo, el cultivo de fresa es muy susceptible a condiciones ambientales y su desarrollo está sujeto a diversos factores climáticos, propiedades químicas, físicas y estructurales del suelo, según Sánchez y Ramírez (2017).

Cuadro 10. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero.

| Tratamiento | PF ¹ g | DP mm | DE mm | SST °Brix | NFP no |
|-------------|----------------------|----------|----------|--------------|-----------|
| T6 | 38.8 a | 51.2 a | 42.4 a | 5.0 ab | 2.7 a |
| T3 | 21.6 ab | 41.1 ab | 34.4 ab | 5.9 a | 2.7 a |
| T2 | 17.9 b | 40.8 ab | 31.6 b | 5.3 a | 2.6 a |
| T1 | 17.3 b | 39.9 ab | 31.2 b | 4.3 ab | 1.5 a |
| T5 | 16.6 b | 38.6 ab | 30.1 b | 3.4 b | 1.5 a |
| T4 | 13.7 b | 35.2 b | 29.6 b | 3.5 b | 2.3 a |
| Tukey 0.05 | 19.7 | 15.3 | 8.05 | 1.8 | 2.1 |

¹PF= peso de fruto, DP= diámetro polar, DE= diámetro ecuatorial, SST= sólidos solubles totales y NFP= número de frutos por planta. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

Los factores ambientales y genéticos son de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, su productividad y calidad del fruto, Rodríguez y Col, (2012), por lo tanto, el cultivo de fresa en sistemas protegidos, puede ser una alternativa en la producción de este cultivo, además de un adecuado manejo agronómico, control oportuno de plagas y enfermedades y una óptima nutrición vegetal.

De acuerdo con Molina (2014), indica que la fresa es una especie que requiere altos contenidos de materia orgánica para completar su crecimiento y desarrollo, en donde se pueden utilizar como fuente para la nutrición de este cultivo, abonos orgánicos como el bocashi, supermagro y lixiviado de humus de lombriz, ya que contienen macroelementos N, P y K y micronutrientes esenciales.

A su vez, Ponce (2015) menciona que se puede verificar el aporte nutricional, mediante un análisis nutrimental, que los lixiviados de humus de lombriz aportan, ya que son materiales orgánicos con una concentración líquida de nutrientes, que se obtiene durante el proceso de descomposición que llevan a cabo las lombrices.

Cantero *et al.*, (2015) evaluaron abonos orgánicos y químicos en berenjena utilizando composta, lixiviado de humus de lombriz, mezcla de lombricomposta más composta, más lixiviado, fertilización química con urea, más DAP y el testigo sin

aplicación, en donde para las variables agronómicas altura de planta, diámetro de tallo y área foliar, no fueron influenciadas significativamente por las diferentes fuentes de abonos orgánicos, ni por la fertilización convencional.

En el Cuadro 11, se muestran las correlaciones existentes entre las variables evaluadas, donde Peso de Fruto (PF) esta estadísticamente influenciado por las variables Diámetro Polar (DP) y Diámetro Ecuatorial (DE), mientras que las variables Sólidos Solubles Totales (SST) y Número de Frutos por Planta (NFP), sigue siendo una correlación positiva pero no significativa. El Diámetro Polar (DP), está altamente correlacionado con el Diámetro Ecuatorial (DE).

Cuadro 11. Correlaciones fenotípicas de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Frontera en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero.

| | PF ¹ | DP | DE | SST |
|-----|-----------------|---------|-------|-------|
| DP | 0.979** | | | |
| DE | 0.993** | 0.966** | | |
| SST | 0.455 | 0.521 | 0.527 | |
| NFP | 0.485 | 0.434 | 0.560 | 0.681 |

**Altamente significativo al 0.01 de probabilidad, ¹PF= peso de fruto, DP= diámetro polar, DE= diámetro ecuatorial, SST= sólidos solubles totales y NFP= número de frutos por planta.

V. CONCLUSIONES

La nutrición química y orgánica en el cultivo de fresa, bajo condiciones de invernadero, presentó resultados diferentes en las variables agronómicas evaluadas Peso de Fruto, Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial de Fruto.

En la variable Peso de Fruto, la mejor respuesta se presentó en el T6 con fertilización química, debido al aporte de nutrición macronutrientes y micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales promueven un crecimiento y desarrollo de la planta de fresa.

En la variable Sólidos Solubles Totales, los valores incrementaron en el T3 (Humus + lixiviado de lombriz) con nutrición orgánica, lo cual es un parámetro aceptable para las características de calidad y sabor del fruto de fresa.

VI. LITERATURA CITADA

- Agahusa, A. (2024). Ficha Técnica del Fertilizante Foliar Fertiplus. Biofertilizante líquido. Agahusa Agrobiológicos 1 p.
- Alvarado-Chávez, Juan Alberto, Gómez-González, Adrián, Lara-Herrera, Alfredo, Díaz-Pérez, J. Carlos, y García-Herrera, E. Javier. (2020). Rendimiento y calidad de fruto de fresa cultivada en invernadero en sistema hidropónico piramidal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1737-1748.
- Amézquita, A. y Antonio, M (2018). Niveles de “bocashi” y “microorganismos eficaces” en el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) CV. selva en condiciones de zonas áridas – irrigación majes. Arequipa - Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa p1.
- Andrés, D., Adhikari, T., Louws, F., (2024). Pudrición de la corona por *Phytophthora* en fresa. NC estate Recuperado de <https://content.ces.ncsu.edu/pudricion-de-la-corona-por-phytophthora>
- Balbontín S., Cristian, Hirzel C., Juan, Millas O., Paz, Devotto M., Luis y Pérez, Felipe (2020). Identificación y manejo de enfermedades de frutilla en sistema de macrotúnel [en línea]. Villa Alegre: Informativo INIA Raihuén. no. 71.
- Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: emerging impact on cardiovascular health. *Nutr Rev.* (2010) Mar;68(3):168-77.
- Cantero R. J., Espitia N., C. Cardona A., C. Vergara C., H. Aramendíz T. (2015). Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena*. *Revista de Ciencias Agrícolas* 32(2):56-67.
- Casto BC, Knobloch TJ, Galioto RL, Yu Z, Accurso BT, Warner BM. Chemoprevention of oral cancer by lyophilized strawberries. *Anticancer Res.* (2013) nov;33(11):4757-66.

- Delta S. (2024). Ficha Técnica del FertiDrip © N20-P20-K20 + Microelementos. Agroformuladora Delta' S. A. de C. V. 1 p. Recuperado de http://www.agrodelta.com.mx/productos/p_fert20-20-20.html
- Díaz-Pérez, J.C. (2014). Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) crop as affected by shade level: fruit yield, quality, and postharvest attributes, and incidence of Phytophthora blight (caused by *Phytophthora capsici* L.). HortScience. 49(7):891-900. Doi:10.21273/HORTSCI.49.7.891.
- División de Estadística de las Naciones Unidas. (2024). *Producción de fresas por país 2024*. Revista de la población mundial Recuperado de <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/strawberry-production-by-country>
- Giampieri F, Forbes-Hernandez TY, Gasparri M, Álvarez-Suarez JM, Afrin S, Bompadre S, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. Food Funct. (2015) May;6(5):1386-98.
- Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition. (2012) Jan;28(1):9-19.
- Google Earth, (2024). Consultado en febrero de 2024. Disponible en: <https://earth.google.com>
- Grupo Fragaria. (2021). Oídio en frutilla/fresa provocado por *Podosphaera aphanis* y su control bajo 4 enfoques. México. Grupo Fragaria la Red Global de la Industria de la fresa. Recuperado de <https://grupofragaria.com/articulos/oidio-en-frutilla-fresa/>
- Hummer, K. E. (2012). A New Species of *Fragaria* (Rosaceae) From Oregon. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 6(1), 9–15. <http://www.jstor.org/stable/41972353>

- Hummer, K.E., Hancock, J. (2009). Strawberry Genomics: Botanical History, Cultivation, Traditional Breeding, and New Technologies. In: Folta, K.M., Gardiner, S.E. (eds) Genetics and Genomics of Rosaceae. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models, vol 6. Springer, New York, NY.
- InfoAgro (2017). Métodos de control de la mosca blanca. México. InfoAgro Recuperado de <https://mexico.infoagro.com/metodos-de-control-de-la-mosca-blanca/>
- INIFAP (2011). Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos. México. LEISA Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lo_mbriz.pdf
- Kessel-Domini, A., (2012). Mejora Genética de la Fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), A Través De Métodos Biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3),34-41[fecha de Consulta 9 de febrero de 2024]. ISSN:
- Kirschbaum, D. (2021). Características botánicas, fisiología, tipos de variedades y de plantas. Instituto *Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*, Argentina, (), pp.144-147,
- Kirschbaum, D. S., Larson, K. D., Weinbaum, S. A., & DeJong, T. M. (2015). Differential response of early and intermediate flowering strawberry cultivars to nursery late-season nitrogen applications and digging date. *African Journal of Plant Science*, 9(6), 250-263.
- Kunwar, R.M., Shrestha, K.P., Bussmann, R.W., (2010). Traditional herbal medicine in Far-west Nepal: a pharmacological appraisal. *J Ethnobiol Ethnomed* 6, 35.
- Ledesma, N. and S. Kawabata. (2016). Responses of two strawberry cultivars to severe high temperature stress at different flower development stages. *Sci.Hortic.*211(1):319-327.

- Ledesma, N.A.; Nakata, M. and Sugiyama, N. (2008). Effect of high temperatura stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. *Sci.Hortic.* 116(2):186-193. Doi: 10.1016/j.scienta.2007.12.010.
- Liston, A., Cronn, R., Ashman, T.L., (2014). *Fragaria*: A genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany* 101, 1686–1699. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400140>
- Llacuna, L. y Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revi. Española de Nutrición Humana y Dietética.* 16(1):16-24.
- Llahuen, A. (2018). Ficha Técnica de la Variedad Fronteras. México. Agrícola Llahuen 2 p.
- Loeza, J. G. (2018). Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán. Coalcoman, Michoacán. ITSC Recuperado de <https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/manual%20para%20cultivo%20de%20fresa%20en%20coalcoman.pdf>
- Maza, S. S. (2008). *Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo*. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura Recuperado de https://www.midagri.gob.pe/portal/pdf/boletines/estudio_fresa.pdf
- Molina, N. (2014). Efecto de cuatro biofertilizantes en la producción de estolones y frutos de fresa (*Fragaria vesca* L.). Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morales A., Carmen Gloria y Vargas S., Sigrid (eds.) (2017). Manual de manejo agronómico de la Frutilla [en línea]. Villa Alegre, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. No. 382.
- Olvera, S. J. (2012). *Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa* Duch.). Lima, Perú. Instituto Nacional De Innovación Agraria-INIA Recuperado de file:///C:/Users/particular/Downloads/Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf

- Ponce, J. E. (2015). Proceso de producción del lixiviado de vermicompost. Memoria del II curso de titulación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.
- Posada, F., Peña-Olmos, J. E., & Vargas-Martínez, A. F. (2011). Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp*) Cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(2),6221-6228.
- Prasath, G.S., Subramanian, S.P., (2014). Antihyperlipidemic effect of fisetin, a bioflavonoid of strawberries, studied in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Biochem. Mol. Toxicol.* 28, 442–449.
- Produceplay. (2021). *Datos que indican la importancia de la fresa para Estados Unidos y México*. Olmo Axayacatl Bastida Cañada. Produceplay Recuperado de <https://es.producepay.com/blog/datos-que-indican-la-importancia-de-la-fresa-para-estados-unidos-y-mexico/>
- Ramírez Padrón, Laura Cecilia, Caamal Cauich, Ignacio, Pat Fernández, Verna Grisel, Martínez Luis, David y Pérez Fernández, Alberto. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 815-827.
- Rodríguez-Bautista, G., Calderón-Zavala, G., Jaen-Contreras, D., & Curiel-Rodríguez, A. (2012). Capacidad de Propagación y Calidad de Planta de Variedades Mexicanas y Extranjeras de Fresa. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1),113-123.
- SAGARPA. (2015). Paquete Tecnológico de Producción de Lombricomposta. *Humus y lixiviado de lombriz*. México Recuperado de paquete-tecnológico-de-producción-de-lombricomposta (1).pdf
- Sánchez Pineda, D. E., y Ramírez Torres, N. L. (2017). Diseño de un modelo de programación lineal para la planeación de producción en un cultivo de fresa,

según factores costo/beneficio y capacidades productivas en un periodo temporal definido. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 7–11.

Sánchez, J. A. (2021). Cultivo de Fresa en México. Culiacán, Sinaloa. InfoAgro
Recuperado de <https://mexico.infoagro.com>

Santoyo, J. A., y Martínez A. C.O. (2009). Paquete tecnológico para la producción de fresa. Sinaloa, México. Fundación Produce Sinaloa, A.C.

SIAP (2022). Regiones productoras de fresa en México. Olmo Axayacatl Bastida Cañada. Produceplay
Recuperado de <https://es.producepay.com/blog/regiones-productoras-de-fresa-en-mexico/>

Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J., (2015). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *Int J Mol Sci* 16, 24673–24706.

Staudt G. (2008). Strawberry Biogeography, Genetics and Systematics. *Acta Horticulture* 842(1):71-83.

Staudt, G., (2009). Strawberry biogeography, genetics and systematics. *Acta Horticulturae* 842, 71–83.

Symons, G. M.; Chua, Y. J.; Ross, J. J.; Quittenden, L. J.; Davies, N. W.; Reid, J. B. (2012). Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry. *J. Exp. Bot.*, 63(13): 474 1–4750.

Vivanco, K. (2021). *Pudrición de Corona en Frutillas (Phytophthora cactorum)*. Frutillas o Fresas
Recuperado de <https://www.frutillasofresas.cl/post/pudricion-de-corona>

Warner R, Wu B-S, MacPherson S and Lefsrud M (2021) A Review of Strawberry Photobiology and Fruit Flavonoids in Controlled Environments. *Front. Plant Sci.* 12:611893.

Zhang, Y., Seeram, N.P., Lee, R., Feng, L., Heber, D., (2008). Isolation and identification of strawberry phenolics with antioxidant and human cancer cell antiproliferative properties. *J. Agric. Food Chem.* 56, 670–675.

VII. APENDICE



Plántulas de fresa, previo al trasplante



Preparación de las camas en invernadero



Plántula de fresa con cepellón



Trasplante de las plántulas en invernadero



Planta, después de dos semanas del trasplante



Aplicación del humus de lombriz



Humus de lombriz, alrededor de la planta.

Aplicación del lixiviado de lombriz



Poda de hojas senescentes



Plantas, después de 70 días del trasplante



Aparición floral a los 115 días después del trasplante



Fruto, después de 15 días de la floración



Frutos maduros e identificación de tratamientos



Cosecha y traslado de frutos al laboratorio



Frutos en postcosecha



Agrupación de frutos por tratamiento